

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. 6		(11) 등록번호	10-0378713
G25J 9 /06		(24) 등록일자	2003년03월21일
(21) 출원번호	10-2000-0030022	(65) 공개번호	특2001-0108952
(22) 출원일자	2000년06월01일	(43) 공개일자	2001년12월08일
(73) 특허권자	최형식		
	부산 영도구 동삼1동 국제마미아파트 103-1006		
(72) 발명자	최형식		
	부산 영도구 동삼1동 국제마미아파트 103-1006		
(74) 대리인	임재룡		

특허청

(54) 보행로봇의 다리관절 구조

요약

본 발명은 보행로봇의 다리관절 구조에 관한 것으로서, 족부재(11), 각부재(12), 대퇴부재(13), 둔부재(14)가 각각 관절(15~17)로 연결되어 몸통을 지탱하기 위한 다리조립체를 구성하는 로봇에 있어서: 상기 다리조립체에서 각각의 인접하는 부재들은 각각의 구동수단(30)을 연결하여 4절링크로 구성하고, 상기 구동수단(30)은 볼나사(33)에 의한 미끄럼 직선 운동을 구현하는 것을 특징으로 한다.

이에 따라, 다리의 각 관절에 4절링크의 구성을 도입하여 높은 강성을 유지하는 동시에 4절링크를 볼나사의 미끄럼운동으로 구동하여 고투크로 원활한 보행운동을 실현하는 효과가 있다.

본 발명

본 발명

본 발명

본 발명의 간단한 설명

도 1은 종래의 보행로봇에 사용되는 다리관절의 구조를 나타내는 사시도,

도 2는 본 발명에 따른 보행로봇의 다리관절의 구조를 나타내는 구성도,

도 3 내지 도 6은 각각 본 발명에 따른 발목관절, 무릎관절, 힌관절의 운동을 나타내는 기하학적 도식도.

\* 도면의 주요 부분에 대한 부호 설명 \*

- 11 : 족부재      12 : 각부재
- 13 : 대퇴부재    14 : 둔부재
- 15 : 17 : 관절    21~25 : 링크
- 30 : 구동수단    31 : 모터
- 32 : 엔코더      33 : 볼나사
- 34 : 가이드레일    35 : 슬라이더

발명의 효과

발명의 특징

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 보행로봇에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다리의 각 관절에 4절링크의 구성을 도입하여 높은 강성을 유지하  
 동시에 4절링크를 볼나사의 미끄럼운동으로 구동하여 고폭으로 원활한 보행운동을 실현하는 보행로봇의 다리관절 구  
 조에 관한 것이다.

보행로봇은 이동시스템이므로 자체에 동력원을 탑재해야 하며 보행 시에는 회전 관절들로 구성된 한 다리로 자체 하중과  
 상부의 하중을 지탱해야 하므로 로봇의 크기가 커질수록 관절에 작용하는 토크가 커진다. 이러한 동력원과 상체 및 다리  
 자체의 하중은 구동부하로 작용하므로 이러한 부하를 지지할 수 있는 구조로 설계되어야 한다.

1은 종래의 보행로봇에 사용되는 다리관절의 구조를 나타내는 사시도가 도시된다.

종래 보행로봇의 관절구동 방식에 의하면 감속기를 장착한 모터가 다리의 각 관절부위에 직접 설치된다. 이러한 감속기  
 는 강성이 비교적 큰 편이지만 보행로봇의 상체 및 다리 자체의 하중을 지지할 수 없어 로봇의 크기를 작게 하여 중량을  
 줄이는 방식으로 적용된다.

그러나 보행로봇은 일반적인 이동로봇과 달리 크기를 작게 할수록 그 목적 달성을 위한 유용성이 저하된다.

이와 같이 지금까지 개발된 보행로봇은 다리를 구동하기 위하여 하모닉 드라이버나 RV와 같은 감속기를 채용한 모터를 직  
 접 회전 관절에 부착하는 구조로 되어있기 때문에 구동모터의 구동토크 한계와 감속기의 강성의 한계에 기인하여 구동 토크  
 변화율의 한계가 있고 로봇의 크기에 제한을 둘 수 밖에 없는 구조적인 단점을 지니고 있다.

#### 발명이 이루고자하는 기술적 과제

그러므로 본 발명의 목적은 상기한 단점을 해결하기 위한 것으로서, 다리의 각 관절에 4절링크의 구성을 도입하여 높은  
 강성을 유지하는 동시에 4절링크를 볼나사의 미끄럼운동으로 구동하여 고폭으로 원활한 보행운동을 실현하는 보행로봇의  
 다리관절 구조를 제공한다.

이러한 목적을 달성하기 위해 본 발명은 족부재(11), 각부재(12), 대퇴부재(13), 둔부재(14)가 각각 발목관절(15), 무릎관절(16) 및 힙관절(17)로 연결되어 몸통을 지탱하기 위한 다리조립체를 구성하는 로봇에 있어서: 상기 다리조립체에서 각각의 인접하는 부재들은 각각의 구동수단(30)을 연결하여 4절링크로 구성하고, 상기 구동수단(30)은 볼나사(33)에 의한 미끄럼 직선운동을 구현하며, 여기에서, 상기 구동수단(30)은 상기 볼나사(33)를 구동하는 모터(31)와, 모터(31)의 회전상태를 검출하는 엔코더(32)와, 볼나사(33)와 평행하게 고정되는 가이드레일(34)과, 볼나사(33)의 나선운동을 받도록 가이드레일(34) 상에 장착되는 슬라이더(35)를 구비하며, 상기 4절링크의 4절 중에서 3절은 상기 모터(31)가 없는 수동관절인 회전관절이고 나머지 한 절은 관절운동하는 상기 4절링크의 한 변을 상기 볼나사(33)를 사용하여 미끄럼운동으로 대체한 미끄럼 관절이며, 상기 발목관절(15)을 작동하기 위한 상기 구동수단(30)은, 측면에서 링크(21)를 개재하여 상기 각부재(12)의 중간위치에 연결되고, 하단에서 상기 슬라이더(35)가 직접 상기 족부재(11)의 중간위치에 연결되며, 상기 무릎관절(16)을 작동하기 위한 상기 구동수단(30)은, 하단에서 링크(22)를 개재하여 상기 족부재(11)의 상측위치에 연결되고, 측면에서 링크(23)를 개재하여 상기 대퇴부재(13)의 중간위치에 연결되며, 상기 힙관절(17)을 작동하기 위한 상기 구동수단(30)은, 하단에서 링크(24)를 개재하여 상기 대퇴부재(13)의 상측위치에 연결되고, 측면에서 링크(25)를 개재하여 상기 둔부재(14)에 연결된 것을 특징으로 한다.

본 발명에서는 이와 같이 하여 종래의 보행로봇이 지니는 한계점을 극복하기 위하여 고 강성을 가지며 높은 기어비를 갖는 볼나사(33)를 사용하여 보행로봇의 새로운 관절운동 구조 및 구동 메커니즘을 제안한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.

도 2는 본 발명에 따른 보행로봇의 다리관절의 구조를 나타내는 구성도가 도시된다.

본 발명은 족부재(11), 각부재(12), 대퇴부재(13), 둔부재(14)가 각각 관절(15~17)로 연결되어 몸통을 지탱하기 위한 다리조립체를 구성하는 로봇에 관련된다. 보행로봇의 양측 다리조립체의 구조는 같으므로 본 실시예에는 한쪽의 다리조립체에 대한 메커니즘만을 설명한다. 부호 15~17을 세분하면 각각 발목관절, 무릎관절, 힙관절을 나타낸다.

본 발명의 다리조립체에서 각각의 인접하는 부재들은 각각의 구동수단(30)을 연결하여 4절링크로 구성하고, 상기 구동수단(30)은 볼나사(33)에 의한 미끄럼 직선운동을 구현한다. 4절 중에서 3절은 회전관절이고 나머지 한 절은 미끄럼 관절이다. 이 중에서 3개의 회전관절들은 모터(31)가 없는 수동관절이다. 즉, 4절링크 구조에 볼나사(33)를 채용하는 방법으로 관절운동하는 링크의 한 변을 볼나사(33)를 사용하여 미끄럼운동으로 대체한다. 미끄럼운동은 서로 연결된 다른 링크의 회전각을 변환시키고 궁극적으로 로봇 다리의 관절(15~17)을 구부리거나 펴는 동작을 가능하게 한다.

좀더 구체적으로, 발목관절(15)의 작동을 위한 구동수단(30)은 측면에서 부호 21의 링크를 개재하여 각부재(12)의 중간위치에 연결되고, 하단에서 슬라이더(35)가 직접 족부재(11)의 중간위치에 연결된다. 무릎관절(16)을 작동하기 위한 구동수단(30)은 하단에서 부호 22의 링크를 개재하여 족부재(11)의 상측위치에 연결되고, 측면에서 부호 23의 링크를 개재하여 대퇴부재(13)의 중간위치에 연결된다. 힙관절(17)을 작동하기 위한 구동수단(30)은 하단에서 부호 24의 링크를 개재하여 대퇴부재(13)의 상측위치에 연결되고, 측면에서 부호 25의 링크를 개재하여 둔부재(14)에 연결된다. 이와 같이 하여 각 관절(15~17)은 각각의 구동수단(30)에 의해 굴신운동된다.

이때 상기 구동수단(30)은 볼나사(33)를 구동하는 모터(31)와, 모터(31)의 회전상태를 검출하는 엔코더(32)와, 볼나사(33)와 평행하게 고정되는 가이드레일(34)과, 볼나사(33)의 나선운동을 받도록 가이드레일(34) 상에 장착되는 슬라이더(35)를 구비한다. 슬라이더(35)는 일측에서 가이드레일(34) 상에 미끄럼운동 가능하게 장착되고, 타측에서 양나사부를 통하여 볼나사(33)에 맞물리고 나선운동을 수행하게 된다. 모터(31)는 100W급 이하로 소형화하여도 100Kg 이상의 로봇 지지하고 보행시킬 수 있다. 모터(31)의 서보제어를 위한 엔코더(32)는 모터(31)의 후단에 부착된다.

도 3 내지 도 6은 각각 본 발명에 따른 발목관절, 무릎관절, 힙관절의 운동을 나타내는 기하학적 도식도가 도시된다.

보행로봇을 구성하는 한쪽 다리조립체는 도 3에 나타난 바와 같이 기본적으로 발목관절(15), 무릎관절(16) 및 힙관절(17)

로 구성되어 일반적인 3자유도 산업용 스칼라 로봇 매니플레이터와 같은 연쇄적인 구조이다. 따라서, 다리의 굽힘운동은 궁극적으로 회전관절 각  $\theta$

$q_1, q_2, q_3$ 의 변환으로 이루어진다. 이 회전각의 변환은 볼나사(33)의 변위  $\delta$

$d_1, d_2, d_3$ 의 변환으로 이루어진다. 물론 각 관절(15~17)의 위치각 제어는 볼나사(33) 변위의 제어에 의해 수행된다.

발목관절(15)의 굽힘운동은 모터(31)를 회전시켜 볼나사(33)의 미끄럼운동을 유발하고 족부재(11)에 연결되어 있는 슬라이더(35)의 너트를 당겨 변위를 줄임으로써 수행되고, 펴 운동은 모터(31)를 역으로 회전시켜 슬라이더(35)의 너트를 밀어 변위를 늘림으로써 수행된다. 무릎관절(16)의 굽힘운동은 모터(31)를 회전시켜 볼나사(33)의 미끄럼운동을 유발하여 각부재(12)에 연결되어 있는 슬라이더(35)의 너트를 당겨 변위를 줄임으로써 수행되고, 펴 운동은 모터(31)를 역으로 회전시켜 슬라이더(35)의 너트를 밀어 변위를 늘림으로써 수행된다. 힌관절(17)의 굽힘운동과 펴운동도 전술한 바와 같은 동작으로 수행된다.

도 4에서, 4절링크를 이용하여 발목관절(15)의 회전각  $\theta$

$\theta_1$ 을 구동하는 메커니즘이 도시된다. 여기서  $\theta$

$\theta_3$ 는 발목관절(15)과 무릎관절(16)을 연결하는 각부재(12)이다. 운동 형태는 4절기구에서  $\theta$

$d_1$ 부분이 미끄럼 운동을 할 때,  $\theta$

$\theta_1$ 을 제외한 나머지 내부 각들의 회전과 함께 발목관절이 회전하는 구조이다. 볼나사(33)를 구동하여 제어되는 직선 이동거리  $\delta$

$d_1$ 과 회전각  $\theta$

$q_1$  사이의 관계는 다음의 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} d_1^2 &= a_3^2 + a_4^2 - a_2^2 - 2a_3a_4\cos\beta_1 + 2d_1a_2\cos\alpha_1 \\ &= A_1 + B_1\cos\beta_1 + C_1d_1 \end{aligned} \quad (2) \text{ (식 (1) 생략)}$$

여기서

$$A_1 = a_3^2 + a_4^2 - a_2^2, \quad B_1 = -2a_3a_4, \quad C_1 = 2a_2\cos\alpha_1$$

식 (2)에서  $\theta$

$\theta_1, \theta_2$  및  $\theta$

$\theta_3$ 는 고정된 링크길이이며,  $\theta$

$\theta_1$ 과  $\theta$

$N_1$ 은 고정된 각이다. 식 (2)을 볼타사의 미끄럼 변위

$d_1$ 에 관하여 정리하면 다음과 같다.

▷

$$d_1 = \frac{[C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{0.5}}{2} \quad (3)$$

미끄럼 변위를 시간에 관해 미분하면 다음의 속도 및 가속도를 구할 수 있다.

▷

$$\dot{d}_1 = [C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{0.5} B_1 \sin \beta_1 \dot{\beta}_1 \quad (4)$$

▷

$$\begin{aligned} \ddot{d}_1 = & -2 [C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{-1.5} B_1^2 \sin^2 \beta_1 \dot{\beta}_1^2 \\ & - [C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{-0.5} (B_1 \cos \beta_1 \dot{\beta}_1^2 + B_1 \sin \beta_1 \ddot{\beta}_1) \end{aligned} \quad (5)$$

이 (4) 및 (5)를 이용하여 ▷

$q_1$ 과 ▷

$d_1$ 의 관계를 구하면 다음과 같다.

▷

$$\dot{\beta}_1 = \dot{q}_1 = R_{11} \dot{d}_1 \quad (6)$$

▷

$$\ddot{\beta}_1 = \ddot{q}_1 = R_{12} \dot{d}_1^2 + R_{13} \ddot{d}_1 \quad (7)$$

여기서

$$\begin{aligned} R_{11} &= \frac{[C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{0.5}}{B_1 \sin \beta_1} \\ R_{12} &= -2 [C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{-1} B_1 \sin \beta_1 R_{11}^2 + \frac{\cos \beta_1}{\sin \beta_1} R_{11}^2 \\ R_{13} &= -\frac{[C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{0.5}}{B_1 \sin \beta_1} \end{aligned}$$

도 5에서, 무릎관절(16) 부분에 적용된 4절기구도 발목관절(15)의 구조와 유사하다. 여기에서

$h_3$ 는 무릎관절(16)과 힌관절(17)을 연결하는 대퇴부재(13)이며, 볼나사(33) 구동의 미끄럼 변위는

$d_2$ 이다. 무릎관절(16)의 각을 결정하는

$\beta_2$ 와 미끄럼 변위

$d_2$ 의 관계식은 다음과 같다.

$$d_2^2 = A_2 + B_2 \cos \beta_2 + C_2 d_2 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} A_2 &= b_3^2 + b_4^2 - b_2^2 \\ B_2 &= -2 b_3 b_4 \\ C_2 &= 2 b_2 \cos \alpha_2 \end{aligned}$$

여기 (8)에서

$h_1, h_2$  및

$h_3$ 는 고정된 링크길이이고

$\alpha_2$ 와

$N_2$ 는 고정된 각이다. 발목관절(15)의 식과 유사하게 식 (8)의

$d_2$ 를 시간에 관해 미분하면

$d_2$ 와 관계식을 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\dot{d}_2 = \dot{q}_2 + R_{21} \dot{d}_2 \quad (9)$$

$$\ddot{\beta}_2 = \ddot{q}_2 + R_{22} \dot{d}_2^2 + R_{23} \ddot{d}_2 \quad (10)$$

여기서

$$R_{21} = \frac{[C_2^2 + 4(A_2 + B_2 \cos \beta_2)]^{0.5}}{B_2 \sin \beta_2}$$

$$R_{22} = -2 [C_2^2 + 4(A_2 + B_2 \cos \beta_2)]^{-1} B_2 \sin \beta_2 R_{21}^2 + \frac{\cos \beta_2}{\sin \beta_2} R_{21}^2$$

$$R_{23} = -\frac{[C_2^2 + 4(A_2 + B_2 \cos \beta_2)]^{0.5}}{B_2 \sin \beta_2}$$

도 6에서, 힙관절(17) 부분에 적용된 4절기구도 전술한 다른 관절의 구조들과 유사하다. 여기에서

$C_3$ 는 용통을 지지하는 등부재(14)와 일치한다. 미끄럼 변위는

$d_3$ 이고 힙관절(17)의 각을 결정하는  $\beta$

$A_3$ 와 미끄럼 변위  $\beta$

$d_3$ 의 관계식은 다음과 같다.

$$d_3^2 = A_3 + B_3 \cos \beta_3 + C_3 d_3 \quad (11)$$

여기서

$$A_3 = c_3^2 + c_4^2 - c_2^2, \quad B_3 = -2 c_3 c_4 \\ C_3 = 2 c_2 \cos \alpha_3$$

의 (11)에서  $\beta$

$c_1, c_2$  및  $\beta$

$C_3$ 는 고정된 링크길이이고  $\beta$

$A_3$ 와  $\beta$

$N_3$ 는 고정된 각이다. 다른 관절의 식들과 유사하게 식 (11)의  $\beta$

$d_3$ 를 미분하면  $\beta$

$d_3$ 와  $\beta$

$d_3$ 의 관계식을 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\dot{\beta}_3 = \dot{q}_3 - R_{31} \dot{d}_3 \quad (12)$$

$$\ddot{\mathbf{p}}_3 = \ddot{\mathbf{q}}_3 = R_{32} \ddot{d}_3^2 + R_{33} \ddot{d}_3 \quad (13)$$

여기서

$$R_{31} = \frac{[C_3^2 + 4(A_3 + B_3 \cos \beta_3)]^{0.5}}{B_3 \sin \beta_3}$$

$$R_{32} = -2 [C_3^2 + 4(A_3 + B_3 \cos \beta_3)]^{-1} B_3 \sin \beta_3 R_{31}^2 + \frac{\cos \beta_3}{\sin \beta_3} R_{31}^2$$

$$R_{33} = -\frac{[C_3^2 + 4(A_3 + B_3 \cos \beta_3)]^{0.5}}{B_3 \sin \beta_3}$$

이와 같은 메커니즘에 따른 본 발명의 보행로봇은 다음과 같은 출발동작 및 착지동작의 알고리즘을 수행한다.

출발작에 있어서, 걸음새 시작시의 이동다리의 동작 순서는 에너지 절감을 위해 발목관절(15)은 고정된 다음 무릎관절(16)을 굽힌다. 이를 위해 모터(31)를 회전시켜 볼나사(33)가 너트를 당기도록 한다. 이때, 당기는 변위의 정도에 따라 굽힘폭이 결정된다. 다음으로 힙관절(17)도 무릎관절(16)과 같은 각도로 동시에 굽히는데, 이를 위해서 전술한 바와 같이 볼나사(33)에서 너트를 당긴다. 반면 걸음새 시작시의 지지다리의 동작 알고리즘은 먼저 몸통을 앞으로 이동시키기 위해서 볼나사(33)에서 너트를 당겨 발목관절(15)을 굽힌다. 다음으로 무릎관절(16)은 발목관절(15) 만큼 굽힌다. 다음으로 힙관절(17)의 회전각을 제어하여 몸통이 수평지면에서 평형을 이루도록 한다.

착지동작에 있어서, 착지다리의 동작 알고리즘은 먼저 볼나사(33)를 작동하여 발목관절(15)의 회전각을 펴서 다리를 신장시켜 족부재(11)의 끝이 지면에 닿게 한다. 이어서 무릎관절(16)은 펴고, 힙관절(17)도 무릎관절(16)과 같은 각도로 동시에 펴는다. 한편 지지다리의 동작 알고리즘으로서, 먼저 이동다리와 함께 몸통이 앞으로 이동함에 따라 지지다리의 볼나사(33)의 변위가 축소되도록 더욱 당겨 발목관절(15)이 걸음새 시작 때보다 더욱 굽혀지게 한다. 다음으로 무릎관절(16)이 몸통이 앞으로 나아가도록 발목관절(15)을 펴는다. 다음으로 힙관절(17)의 회전각을 제어하여 몸통이 수평지면과 평형을 유지하도록 한다.

#### 발명의 효과

이상의 구성 및 작용에 따르면 본 발명은 다리의 각 관절에 4절링크의 구성을 도입하여 높은 강성을 유지하는 동시에 4절링크를 볼나사의 미끄럼운동으로 구동하여 고투크로 원활한 보행운동을 실현하는 효과가 있다.

본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것은 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 변형예 또는 수정예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 해야 할 것이다.

#### 청구범위

청구항 1. 족부재(11), 각부재(12), 대퇴부재(13), 둔부재(14)가 각각 발목관절(15), 무릎관절(16) 및 힙관절(17)로 연결되어 몸통을 지탱하기 위한 다리조립체를 구성하는 로봇에 있어서:

상기 다리조립체에서 각각의 인접하는 부재들은 각각의 구동수단(30)을 연결하여 4절링크로 구성하고, 상기 구동수단(30)은 볼나사(33)에 의한 미끄럼 직선운동을 구현하며,



여기에서, 상기 구동수단(30)은 상기 볼나사(33)를 구동하는 모터(31)와, 모터(31)의 회전상태를 검출하는 엔코더(32)와, 볼나사(33)와 평행하게 고정되는 가이드레일(34)과, 볼나사(33)의 나선운동을 받도록 가이드레일(34) 상에 장착되는 슬라이더(35)를 구비하며,

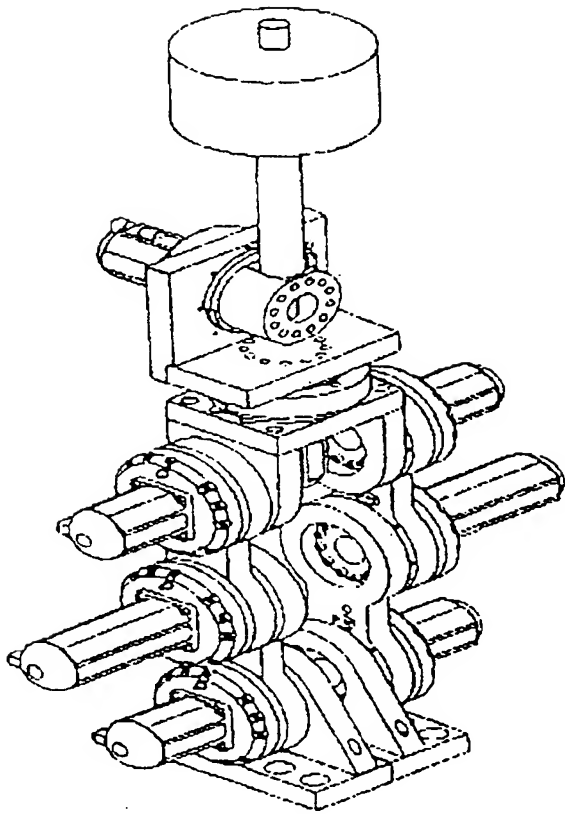
상기 4절링크의 4절 중에서 3절은 상기 모터(31)가 없는 수동관절인 회전관절이고 나머지 한 절은 관절운동하는 상기 4절링크의 한 변을 상기 볼나사(33)를 사용하여 미끄럼운동으로 대체한 미끄럼 관절이며,

상기 발목관절(15)을 작동하기 위한 상기 구동수단(30)은, 측면에서 링크(21)를 개재하여 상기 각부재(12)의 중간위치에 연결되고, 하단에서 상기 슬라이더(35)가 직접 상기 족부재(11)의 중간위치에 연결되며,

상기 무릎관절(16)을 작동하기 위한 상기 구동수단(30)은, 하단에서 링크(22)를 개재하여 상기 족부재(11)의 상측위치에 연결되고, 측면에서 링크(23)를 개재하여 상기 대퇴부재(13)의 중간위치에 연결되며,

상기 힙관절(17)을 작동하기 위한 상기 구동수단(30)은, 하단에서 링크(24)를 개재하여 상기 대퇴부재(13)의 상측위치에 연결되고, 측면에서 링크(25)를 개재하여 상기 둔부재(14)에 연결된 것을 특징으로 하는 보행로봇의 다리관절 구조.

## 청구항 2. 삭제



502

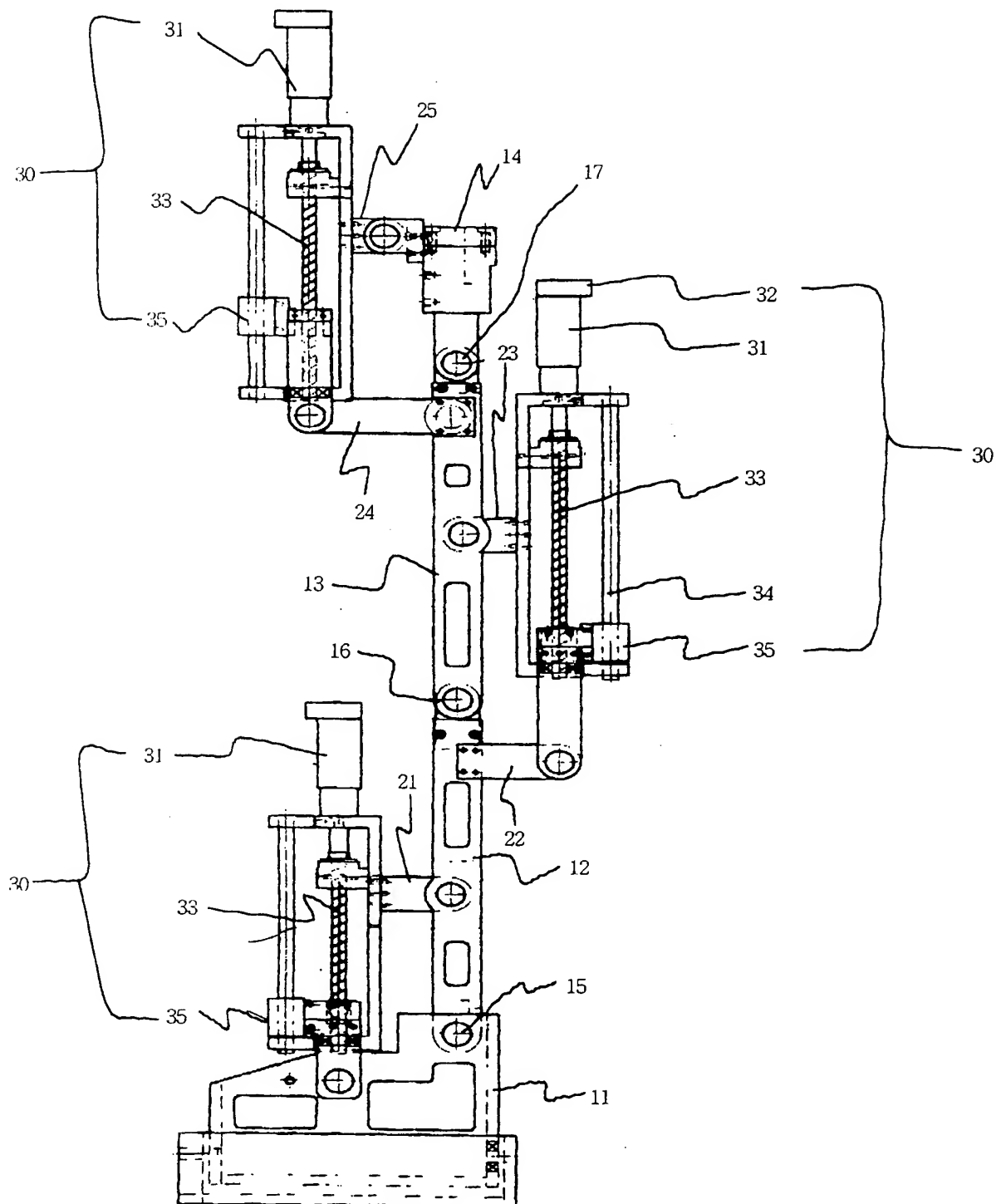
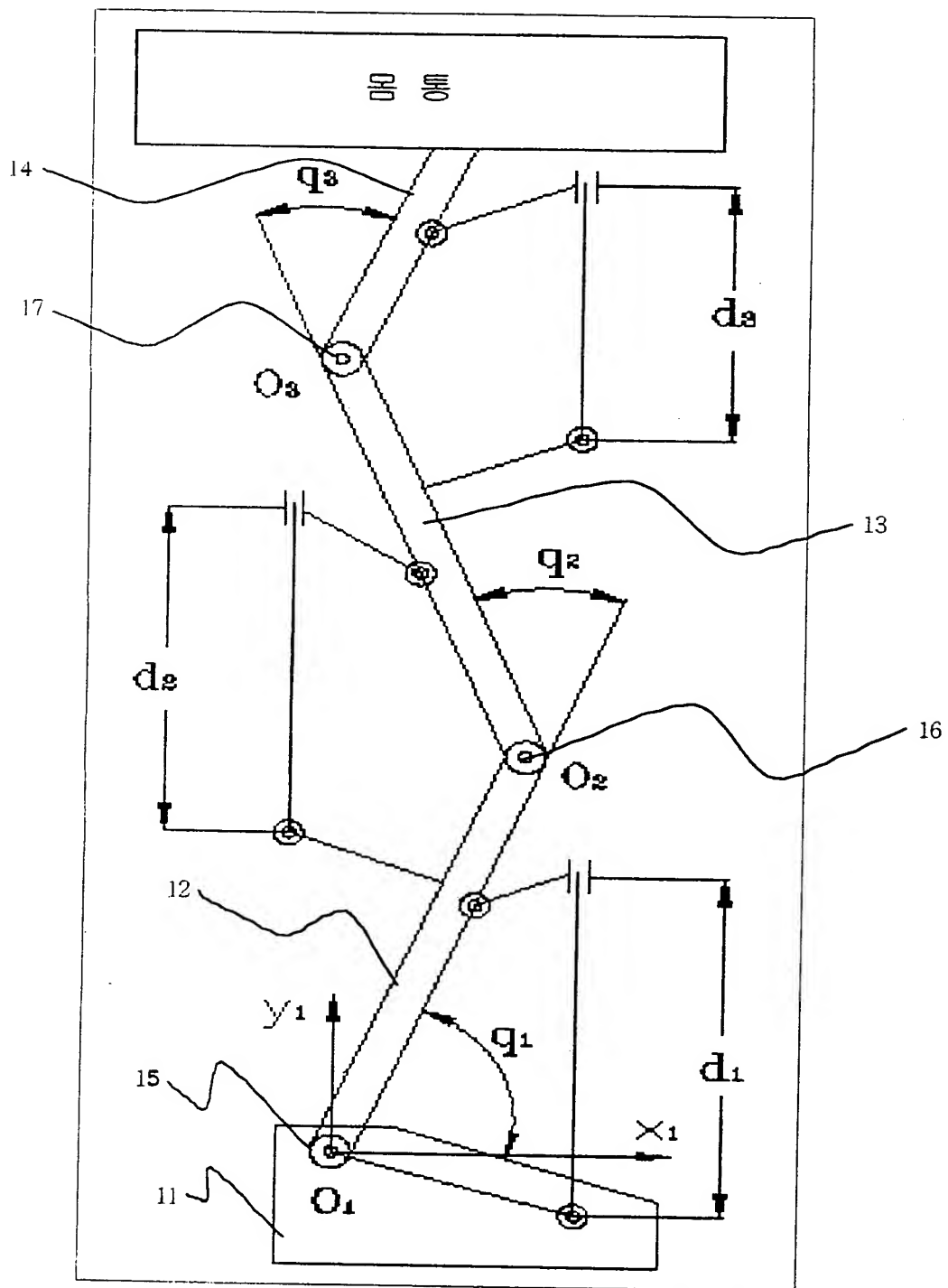


Fig. 3



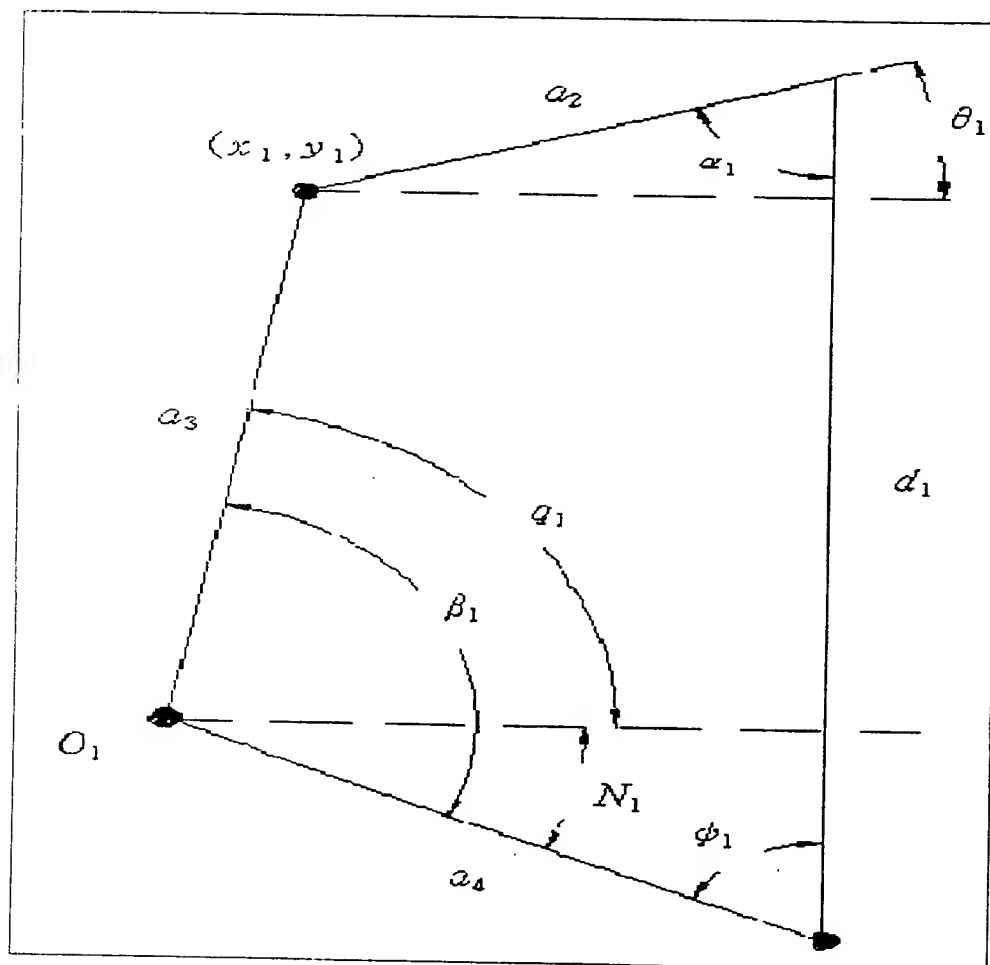
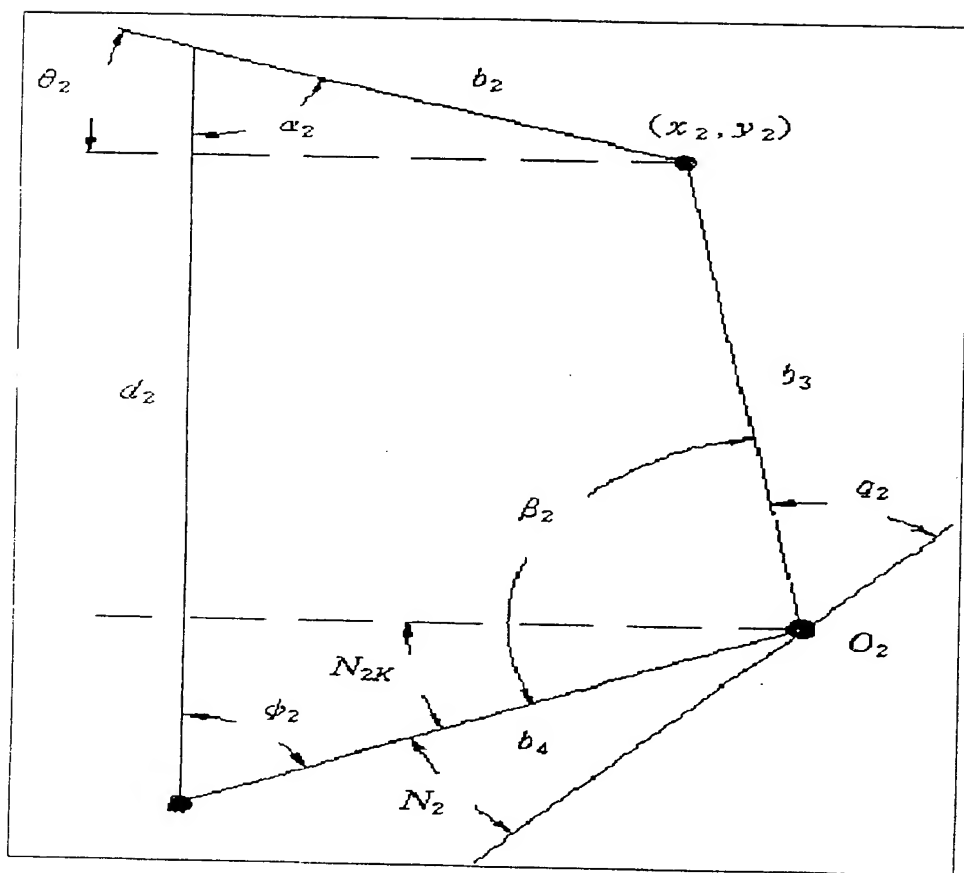


Fig. 5



END

